

Percepções comportamentais e ambientais sobre o processo de provisão e oviposição de *Melipona mondury* (Hymenoptera, Apidae)

Behavioral and environmental perceptions on the provisioning and oviposition process of Melipona mondury (Hymenoptera, Apidae)

Lucas H. Ineichen **DAMIANI**^{1, 2}; Priscila F. **FRANCZAK**¹ & Denise Monique Dubet da Silva **MOUGA**¹

RESUMO

Abelhas sem ferrão realizam o processo de oviposição e postura (ou POP), rito social de reprodução, de período contínuo, envolvendo operárias e rainhas no interior da colônia. Visando contribuir com o conhecimento sobre *Melipona mondury*, estudou-se o POP de uma colônia instalada em caixa comunicando com o exterior, na Casa de Abelhas do Jardim Botânico da Univille. O estudo incorporou as quatro estações (2022/2023). As atividades de POP da colônia foram registradas em vídeos por câmera ligada continuamente, durante cinco dias seguidos, duas vezes por mês. Registraram-se a umidade relativa (%), a temperatura exterior (TE) e interior (TI) da colônia (°C) por uma placa de prototipagem eletrônica (Arduino) conectada a um sensor e uma radiofrequência sem fio de longo alcance e baixa potência, que enviava as informações a uma planilha Excel. Os vídeos captaram cinco diferentes ritos sociais no POP. O desenvolvimento do disco de cria foi registrado em esquemas. Os ritos apresentaram mudança significativa de duração de tempo em termos de sazonalidade, a qual também mostrou relação com o desenvolvimento dos discos de cria, assim como com a temperatura e a umidade relativa entre os meios internos e externos.

Palavras-chave: abelha sem ferrão, bugia, rito reprodutivo.

ABSTRACT

Stingless bees perform the Oviposition and Posture Process (or POP), a social reproductive rite that occurs continuously and involves workers and queens inside the colony. Aiming to contribute to the knowledge about *Melipona mondury*, the POP of a colony installed in a box communicating with the outside, in the Bee House of the Univille Botanical Garden, was studied. The study incorporated the four seasons (2022/2023). The POP activities of the colony were recorded on videos by a camera turned on continuously, for 5 consecutive days, twice a month. The relative humidity (%), exterior (TE) and interior (TI) temperature of the colony (°C) were recorded by an electronic prototyping board (Arduino) connected to a sensor and a long-range, low-power wireless radio frequency, which sent the information to an Excel spreadsheet. The videos captured five different social rites in the POP. The development of the brood disk was recorded in diagrams. The rites showed a significant change in time duration in terms of seasonality, which also showed a relationship with the development of the brood discs as well as with the temperature and relative humidity between the internal and external environments.

Keywords: bugia, reproductive rite, stingless bees.

Recebido em: 25 set. 2024

Aceito em: 18 dez. 2024

¹ Universidade da Região de Joinville (Univille), Departamento de Ciências Biológicas, Rua Paulo Malschitzki, n. 10, Campus Universitário, Zona Industrial – CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

² Autor para correspondência: lucashidamiani@gmail.com.

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão têm um processo reprodutivo ritualizado e diferenciado. Para a deposição dos ovos, constroem discos de cria (de cera) onde estão dispostas as células de cria (estruturas ovoides nas quais haverá a ovoposição pela rainha). As células de cria são preenchidas pelas operárias, com alimento para as larvas, e sobre esse alimento larval é depositado, por operária, um ovo (não fecundado), denominado ovo trófico (o qual é comido pela rainha). Quando a célula de cria está pronta e a rainha comeu o ovo trófico, a rainha ali coloca seu ovo. Eventualmente, operárias também podem ovipor, o que origina machos. Toda essa sequência de rituais relacionados à reprodução é denominada POP (do inglês *provisioning and oviposition process*, ou seja, processo de provisionamento e postura) e uma característica própria de abelhas sem ferrão (SAKAGAMI, 1982). Durante o POP, ocorrem muitas interações entre as operárias e a rainha. O POP ocorre ao longo das horas do dia, todos os dias, mas sobretudo à noite. Concomitantemente às atividades do POP, as abelhas sem ferrão desenvolvem atividades ininterruptamente no interior fechado de seus ninhos, ou seja, na ausência de luz. Assim, a comunicação entre os indivíduos é em grande parte química, com liberação e recepção de feromônios por suas glândulas (VELTHUIS, 2017).

A abelha sem ferrão *Melipona (Michmelia) mondury* Smith, 1863, coloquialmente conhecida como bugia pela sua coloração similar ao do macaco do gênero *Alouatta*, ou bugio, ocorre na região neotropical do globo, compreendendo a América do Sul, no Brasil, estando presente nas regiões de mata atlântica, ou seja, no Sul, Sudeste e, em menor quantidade, Nordeste (CAMARGO & PEDRO, 2013).

Acerca de *M. mondury*, há estudos realizados sobre sua capacidade de polinização (LOPES *et al.*, 2022), além de suas preferências de cores, tanto na atividade de coleta no exterior como também na luminosidade dentro da colônia (KOETHE *et al.*, 2016).

Entretanto não há trabalhos sobre seu processo de provisão e oviposição (POP). Como o POP é a forma de as abelhas prepararem a nutrição, o desenvolvimento e a seleção dos novos indivíduos da colônia (gerando operárias, machos e futuras rainhas), em função de relações de dominância, é importante entender suas etapas com vistas à conservação da espécie. *M. mondury*, embora utilizada em atividades de meliponicultura, está na lista de espécies ameaçadas, estabelecida em 2011, do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA, 2011), e catalogada como vulnerável.

Assim, este estudo se propõe a analisar os eventos internos de colônias da espécie, em termos de construção, alimentação e reprodução relacionadas ao POP, como também a interpretar os ritos sociais demonstrados.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

A colônia de abelhas

Para o estudo, foi instalada uma colônia de *M. mondury* na Casa de Abelhas do Jardim Botânico da Univille, Joinville, Brasil. A colônia foi um empréstimo do meliponicultor Antônio Carlos Xavier, participante da Associação de Meliponicultores de Joinville (AME).

A colônia está mantida em uma caixa de madeira de 37 x 28 x 18 cm, resultando num volume aproximado de 18,6 L, com espessura da parede de 4 cm. A caixa é recoberta com uma lâmina de acetato e, sobre o acetato, há um suporte, também de madeira, nas mesmas medidas da caixa, onde foram instalados os dispositivos eletrônicos para gravação, comentados no próximo tópico. Há uma conexão entre a colônia e o meio exterior, através de um tubo plástico com 35 cm de comprimento, semitransparente, com diâmetro igual a 1 cm, que permite às abelhas saírem livremente para o meio exterior e retornarem à colônia.

Equipamento para observação biótica e abiótica

Sobre a colônia de abelhas, acima do acetato, foi instalado um suporte provido de tampa, dentro do qual foram instalados dois soquetes para lâmpadas de luz vermelha (figura 1C). O uso dessa cor se deve ao fato de o espectro de luz visível das abelhas estar dentro da faixa de 350 nm-650 nm (HERTZ, 1939) e pelo fato de a onda vermelha corresponder a 650 nm (NASSAU, 1989); assim, quando saturada, a luz vermelha aparenta não incomodar de forma significativa as atividades das abelhas. Tal conhecimento apoiou a gravação do POP, em 2017, da espécie *Melipona (Melikerria) grandis* Guérin, 1844, pelo professor Hayo H. W. Velthuis, do Departamento de Comportamento Animal da Faculdade de Biologia da Universidade de Utrecht, Holanda, utilizando luzes vermelhas.

Sobre a tampa do suporte, realizou-se uma abertura para a inserção do obturador da câmera (Galaxy A22) sobre a colônia. Ao lado da caixa de madeira, estava montado o sensor de temperatura interna e externa à colônia (TI e TE, respectivamente, em °C) e a umidade relativa (UR, em %) no interior da colônia. A instalação do sensor nessa localização se fez em função de este estar assim encaixado em uma região finamente recoberta de própolis, e abaixo do acetato, o que impedia que as abelhas atingissem o equipamento, eventualmente recobrindo-o com própolis e inviabilizando-o para a observação (figura 1B). O sensor estava conectado a um Arduino (placa de prototipagem eletrônica), que recebia as informações e, via rádio LoRa (radiofrequência sem fio de longo alcance e baixa potência), unido ao Arduino por meio de uma placa Protoboard, enviava as informações a uma planilha Excel de hora em hora. A produção desse equipamento foi uma ação em conjunto com o Laboratório Maker do curso de Engenharia de Software da Univille (figura 1A).

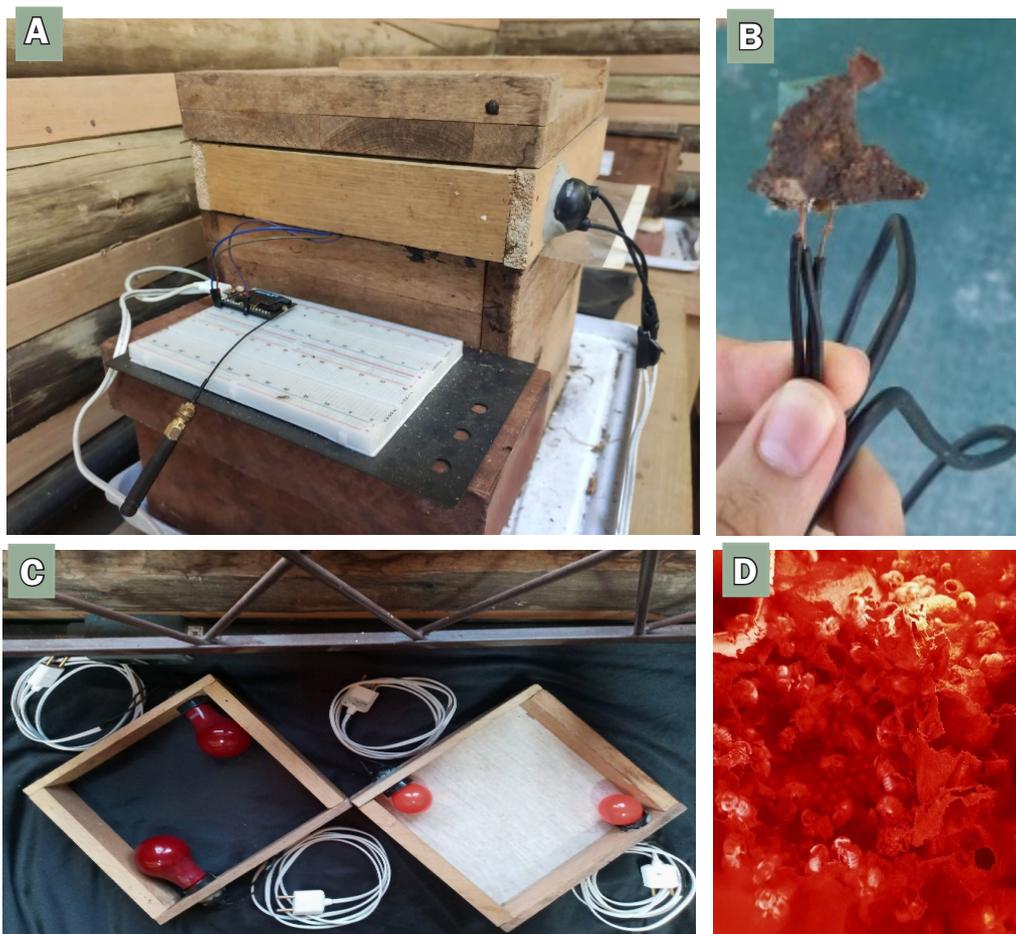


Figura 1 – A) Imagem mostrando a posição dos aparelhos eletrônicos; B) demonstração de protótipo que sofreu ataque das abelhas; C) suportes de luz vermelha: a da direita estava provida de tampa para ser utilizada nas gravações; a da esquerda, sem tampa, para observações diretas; D) representação das imagens obtidas pela gravação. Fonte: Primária.

MÉTODO

Observação das abelhas

As colônias foram registradas em filmagens (gravação de vídeos), com a câmera ligada durante 24 horas, durante cinco dias úteis seguidos, duas vezes por mês, ao longo das quatro estações do ano, totalizando 60 dias e 1.440 horas de observações. O trabalho ocorreu de julho/2022 a dezembro/2024. A câmera registrou em vídeo tudo o que podia ser captado, todavia será aqui dado enfoque ao processo e subprocessos do POP.

Dessa forma, analisaram-se os discos de cria, com apoio de um esquema representativo, em que foram desenhadas as células de cria, destacando o formato do disco, o tempo de construção das células e a quantidade de células. Para tal análise, observaram-se os três andares do topo.

Também foram averiguados os ritos que ocorrem entre as operárias e a rainha envolvendo as atividades do POP e a cronometragem das ações do POP, como, por exemplo, o tempo de permanência da rainha sobre cada disco, a duração de oviposição nas células, a frequência com a qual as atividades envolvendo o POP acontecem, o número de discos de cria construídos, o número de oviposições realizadas pela rainha e de regurgitações de alimento para as larvas. Como o processo de POP ocorre majoritariamente à noite (VELTHUIS, 2017), a utilização da câmera permitiu registrar os processos nos momentos noturnos.

Registro abiótico

A placa Arduino conectada a um sensor DHT-11 registrou, a cada hora, a TI e TE da colônia (°C), a UR (em %) e o LoRa enviava essas informações para uma planilha Excel. Demais especificações do equipamento estão na descrição do sensor em Guidini *et al.* (2024, *in press*).

Análise dos dados

As análises estatísticas efetuadas no presente estudo visaram investigar as relações entre fatores bióticos e abióticos associados ao comportamento da colônia de *Melipona (Michmelia) mondury*. Os dados foram tratados conforme descrito a seguir: 1) organização e sumarização dos dados: os dados coletados foram categorizados em fatores bióticos (frequência, duração e características dos ritos sociais) e fatores abióticos (temperatura interna e externa e umidade relativa da colônia). Para os fatores bióticos, foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana) e dispersão (mínimo, máximo e desvio padrão). Para os fatores abióticos, os valores horários de temperatura e umidade relativa foram agregados por estação do ano; 2) testes estatísticos utilizados: para avaliar diferenças significativas nos fatores bióticos e abióticos entre as estações do ano, recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis, apropriado para dados não paramétricos. O teste *post hoc* de Dunn serviu para comparações par a par entre as estações (ZAR, 2010). A fim de investigar as associações entre as variáveis temperatura interna, umidade relativa e frequência de ritos sociais, foi empregado o teste de correlação de Spearman (CONOVER, 1999). Para analisar a frequência e a duração dos ritos sociais ao longo do dia, usaram-se gráficos de dispersão, destacando padrões de periodicidade. A análise de tendências sazonais foi feita com o intuito de investigar a influência das estações sobre a duração e frequência de cada rito, sendo essa influência testada separadamente, verificando mudanças na atividade comportamental em função de fatores ambientais. Gráficos *boxplot* foram gerados para representar as distribuições de temperatura e umidade relativa por estação, bem como a frequência dos ritos sociais. Gráficos *scatter plots* foram utilizados para evidenciar a periodicidade dos ritos ao longo do dia. Considerou-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para todos os testes feitos (MONTGOMERY & RUNGER, 2021).

RESULTADOS

OBSERVAÇÃO DAS ABELHAS

Movimentos sociais

No total foram 1.440 horas de observação. Os movimentos sociais que foram observados estão listados a seguir:

– Comando da operária (CdO): sobre célula de cria pronta, vazia e aberta, abelhas podem eventualmente subir e elevar sua cabeça e tórax, mantendo-se elevadas sobre as patas posteriores enquanto abanam suas asas (figura 2E). Tal movimento pode ser realizado consecutivas vezes por uma mesma e/ou diferente abelha na mesma célula. Pode ser seguido por outro CdO ou por um comportamento de uma operária iniciar a regurgitação de alimento às larvas.

– Regurgitação de comida às larvas (RdCL): consiste no preenchimento de uma célula com alimento (figura 2C). No momento da regurgitação, a operária projeta para dentro da célula a cabeça e o tórax, deixando para fora apenas as asas, o abdômen e as patas médias e posteriores. Ocorre também concomitantemente o comportamento de a operária massagear a parte ventral do abdômen com as patas posteriores (figura 2D).

– Comando da rainha (CdR): dentro da colônia estudada, havia apenas uma rainha interagindo com as operárias. Assim, quando ela chegava ao disco de cria, batia suas asas e lançava um comando sobre uma operária, expresso por leves batidas de suas antenas nas antenas da operária ou, então, a rainha podia subir sobre uma operária e começar a bater com suas patas anteriores no tórax da operária (figura 2H). Os comportamentos após o CdR são variados: I) a operária mostra-se indiferente; II) a operária começa a dirigir para fora do disco de cria; III) a operária faz algum dos comportamentos relacionados ao POP.

– Oviposição da rainha (OdR): a rainha posiciona seu abdômen sobre a célula de cria e coloca seu ovo, segurando-se com as patas anteriores e médias nas bordas da célula (figura 2G). No momento da OdR, as operárias juntam-se num círculo, formado por 6 a 8 abelhas (figura 2G), e começam um movimento ritualizado, batendo alternadamente qualquer uma das patas anteriores e médias, deslocando seu corpo para frente e para trás com apoio das patas posteriores, sem esbarrar na rainha ou sair do círculo. Não há batimento das asas. Depois que a rainha colocou o ovo, as operárias desfazem o círculo e ocorrem diversos CdR sobre as operárias no entorno.

– Fechamento da célula de cria (FCC): em até 7 segundos após a OdR, uma operária realiza o fechamento da célula de cria. Num sentido qualquer, a operária realiza um movimento circular para fechar a célula com cera. O FCC é feito por uma única abelha (figura 2F).

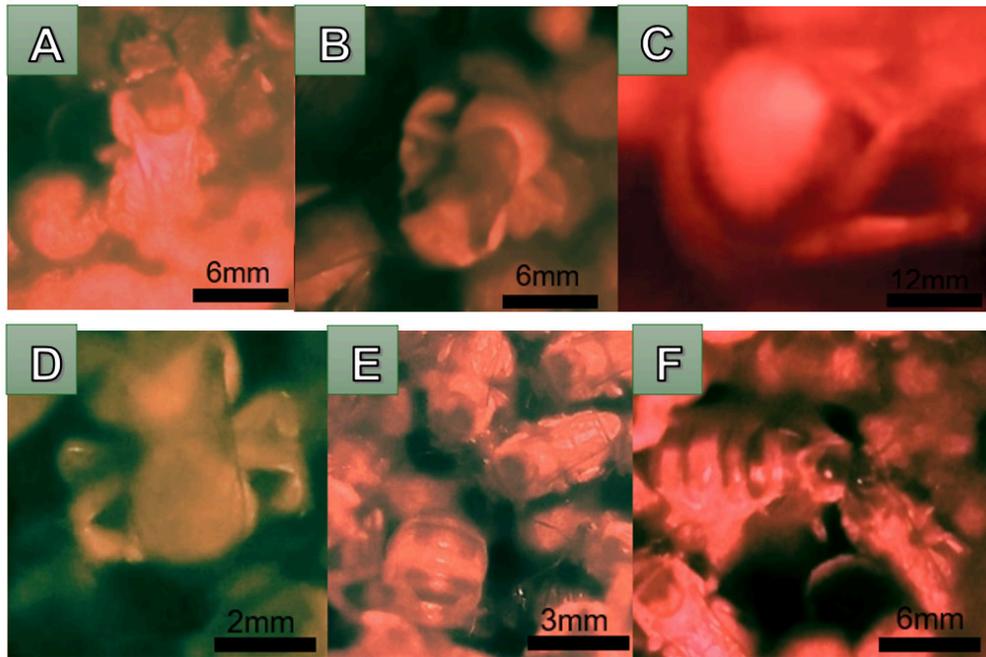


Figura 2 – A) Comando da operária; B) regurgitação de alimento às larvas; C) regurgitação de alimento às larvas (de outro ângulo); D) fechamento da célula de cria; E) oviposição da rainha; F) comando da rainha. Fonte: primária.

Desenvolvimento do disco de cria

Para o presente estudo, apenas os três últimos andares foram registrados, denominados A, B e C, mas o conjunto de discos de cria da colônia é maior do que três, como informado na metodologia (figuras 4 a 7). Para abarcar a sazonalidade do disco de cria, os dados foram sumarizados na figura 3.

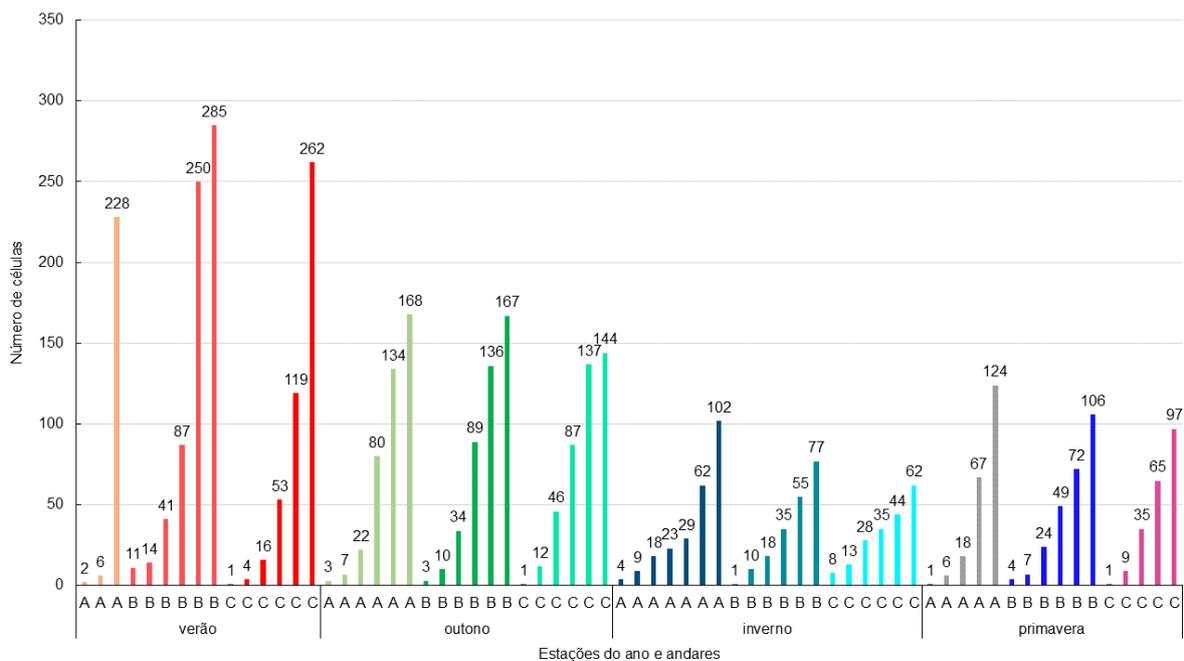


Figura 3 – Quantidade de células de cria e estações do ano em *M. mondury*. As letras A, B e C representam os andares dos discos de cria. Fonte: Primária.

Verão

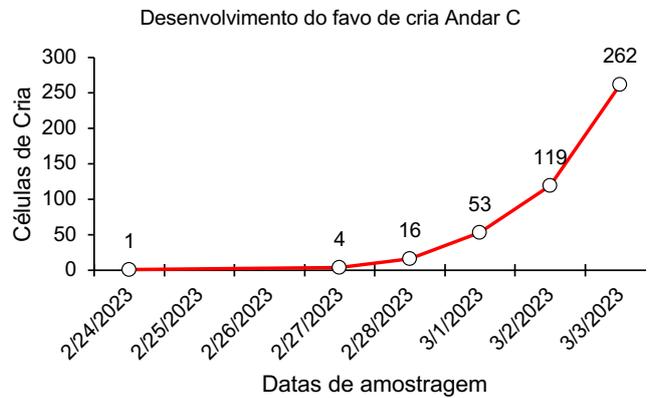
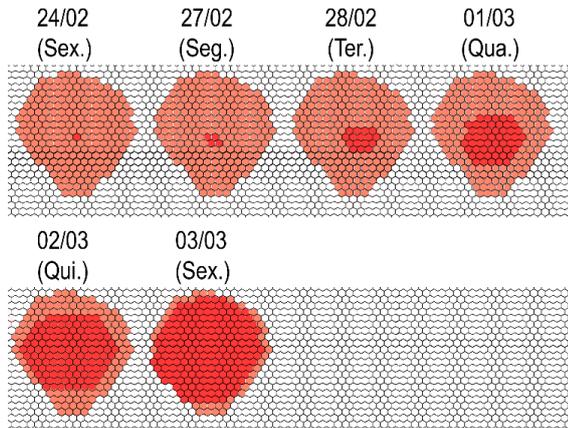
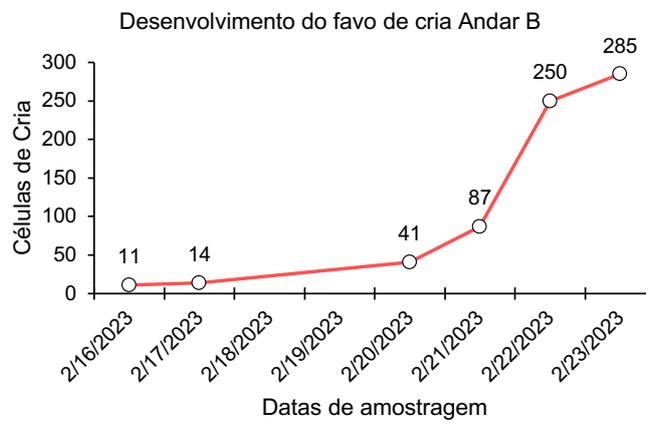
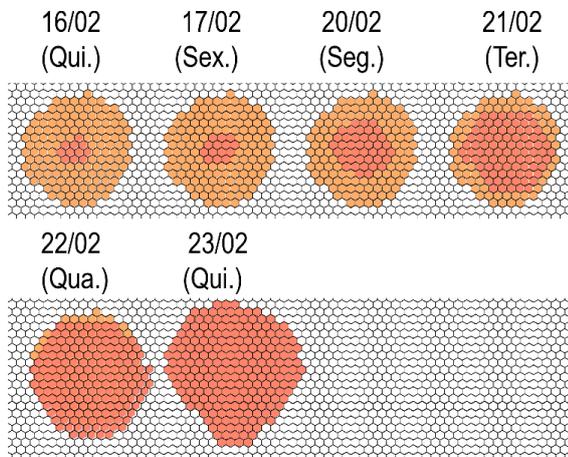
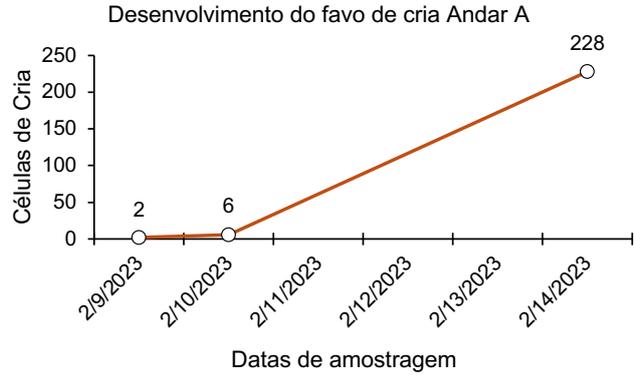
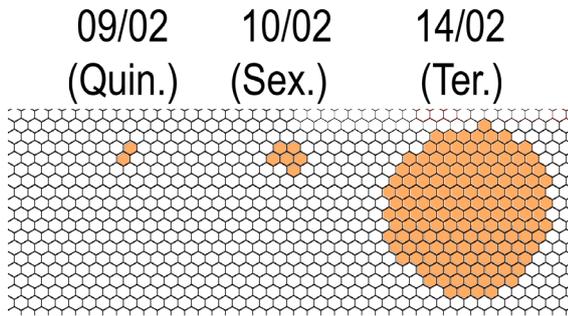


Figura 4 – Desenho esquemático do desenvolvimento do disco de cria durante o verão. À esquerda: data da observação, dia da semana. Fonte: primária.

Outono

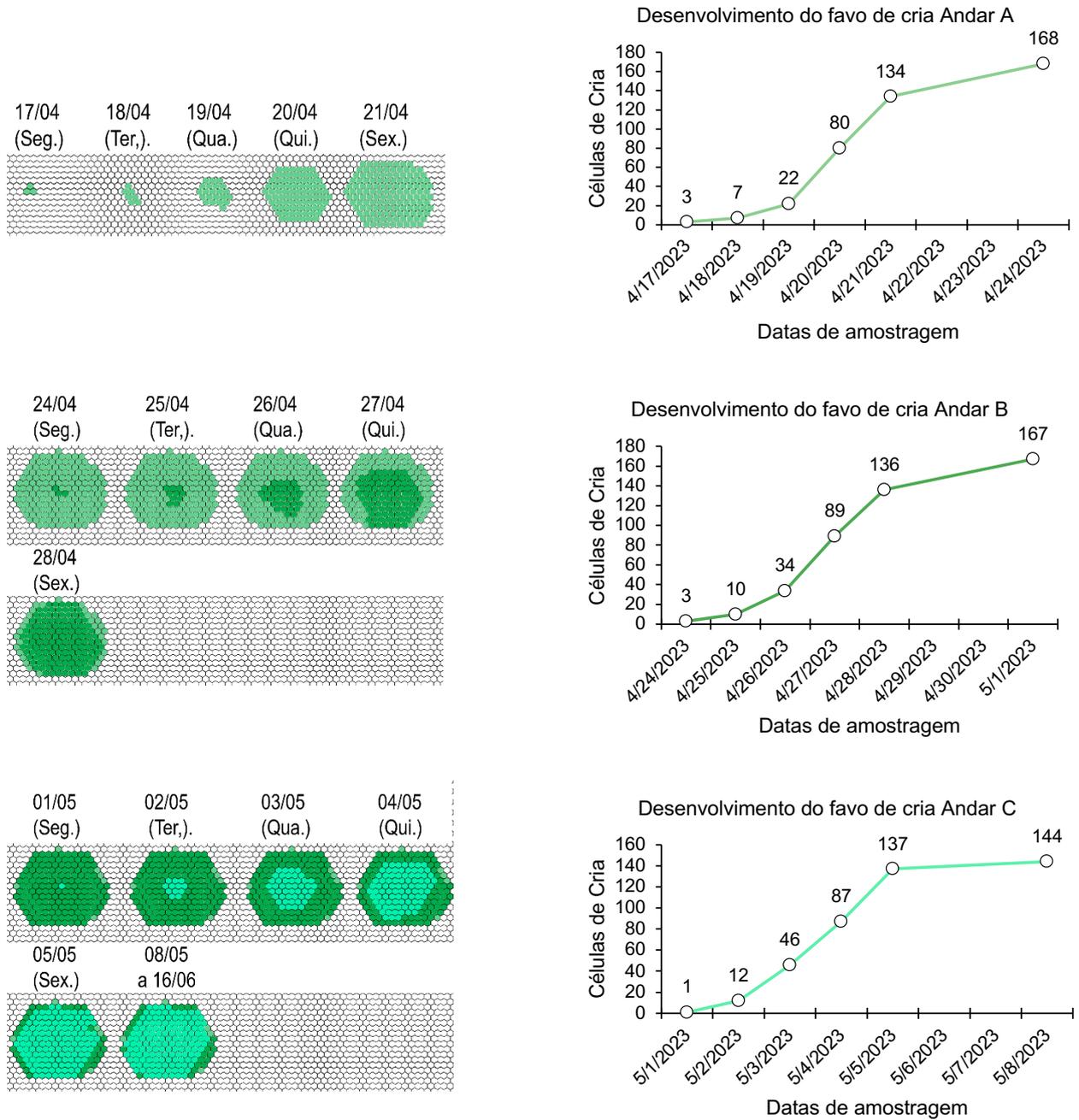


Figura 5 – Desenho esquemático do desenvolvimento do disco de cria durante o outono. À esquerda: data da observação, dia da semana. Fonte: primária.

Inverno

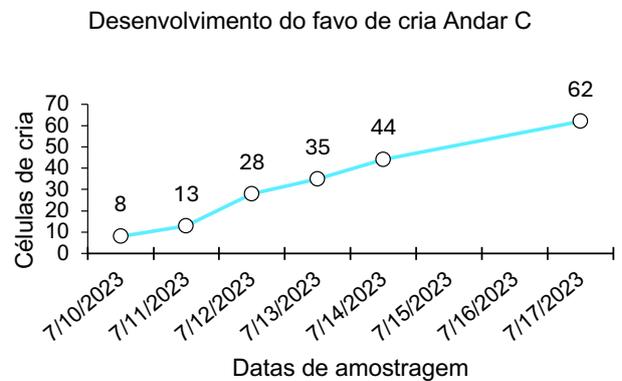
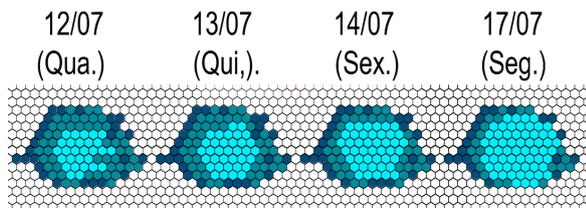
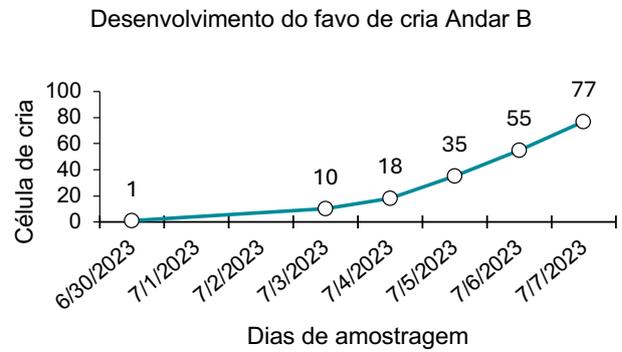
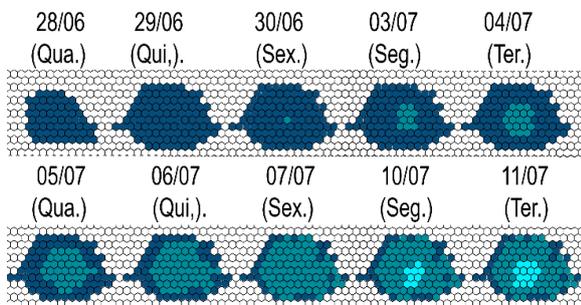
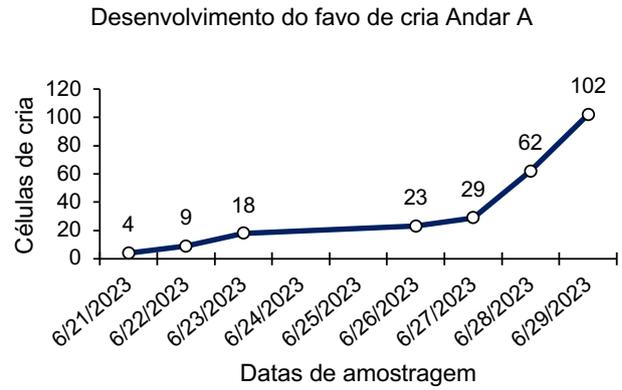
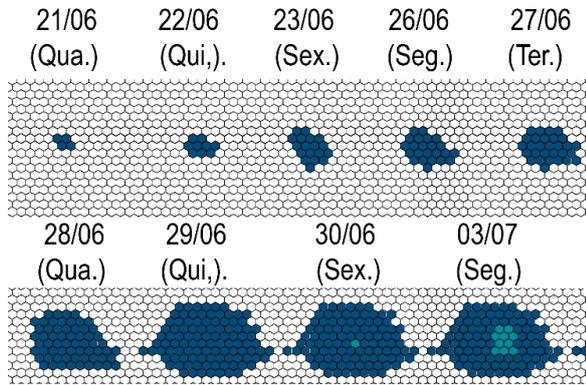


Figura 6 – Desenho esquemático do desenvolvimento do disco de cria durante o inverno. À esquerda: data da observação, dia da semana. Fonte: primária.

Primavera

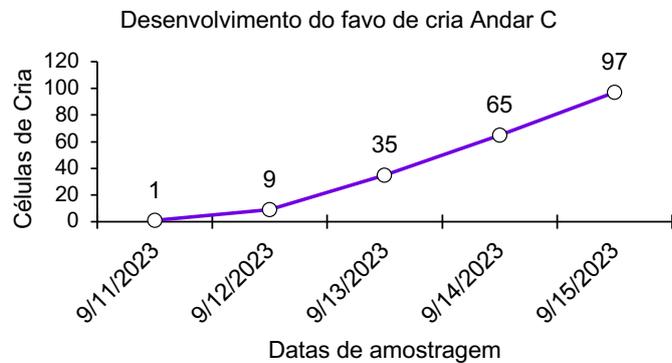
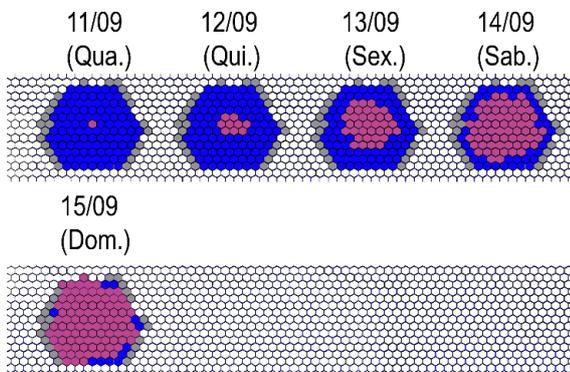
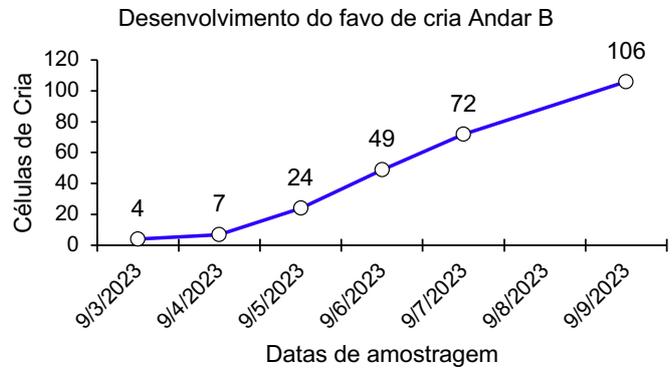
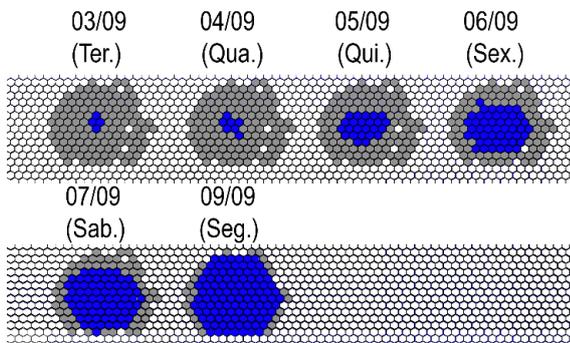
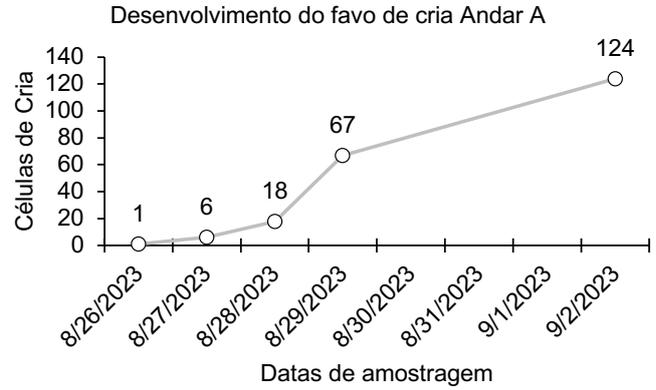
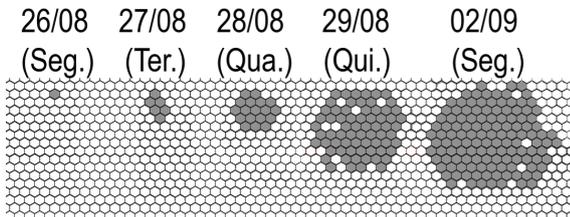


Figura 7 – Desenho esquemático do desenvolvimento do disco de cria durante a primavera. À esquerda: data da observação, dia da semana. Fonte: Primária.

Tempo, frequência e período dos movimentos registrados

A periodicidade e a frequência dos comportamentos sociais são diferentes ao longo do dia, em todas as estações. Nos gráficos *scatter plot*, o tamanho das esferas indica a mediana do tempo de duração de cada um dos movimentos sociais e a posição da esfera mostra a mediana da frequência com a qual os indivíduos realizam o comportamento por estação, em cada hora do dia (figura 8).

Na tabela 1, estão apresentados os tempos mínimos, máximos e a mediana de duração das atividades, em minutos.

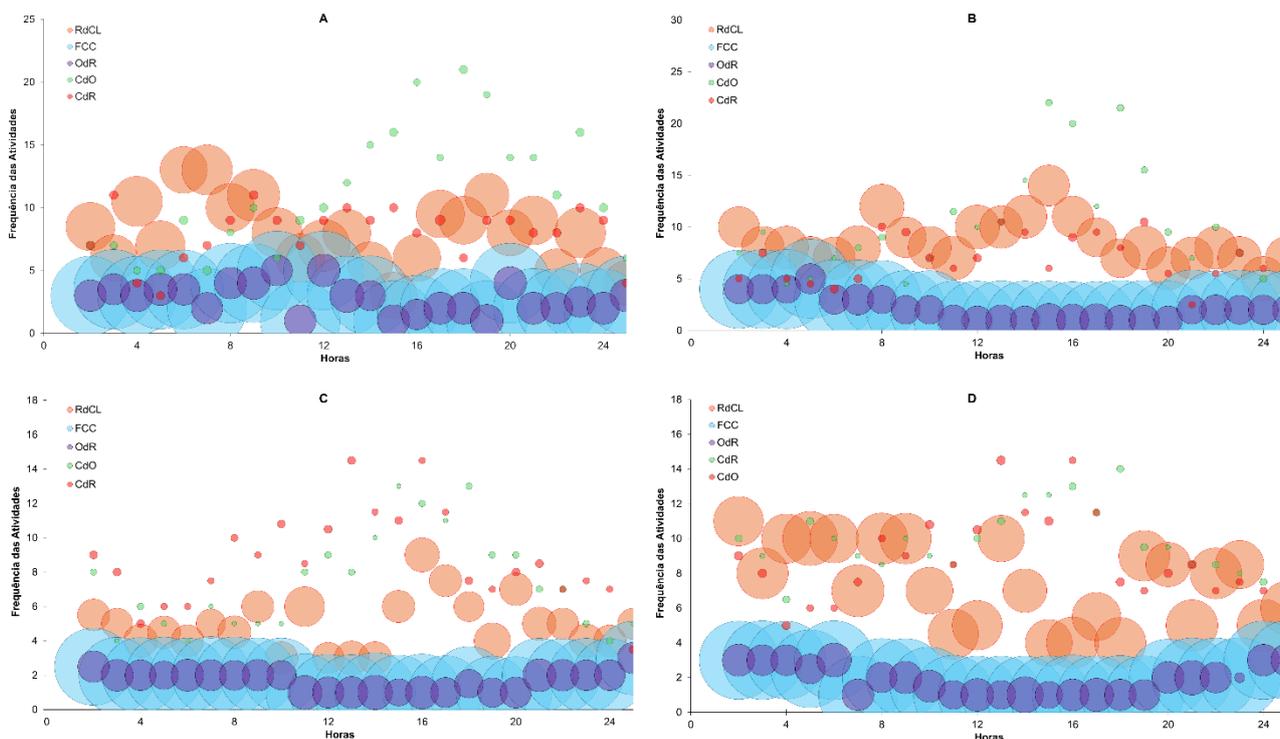


Figura 8 – Representação da distribuição de atividades ao longo do dia. Legenda: A: verão; B: outono; C: inverno; D: primavera. Fonte: Primária.

Tabela 1 – Duração de tempo máximo, mínimo e mediana dos movimentos sociais registrados. Legenda: CdO: comando da operária; RdCL: regurgitação de comida às larvas; CdR: comando da rainha; OdR: oviposição da rainha; FCC: fechamento da célula de cria. Vermelho: verão; verde: outono; azul: inverno; roxo: primavera. Fonte: Primária.

Rito social	Tempo (minutos)		
	Mínimo	Máximo	Mediana
CdO	00:01	00:04	00:03
RdCL	00:20	02:47	01:38
OdR	00:28	00:50	00:41
FCC	03:58	04:30	04:13
CdR	00:01	00:05	00:03

Rito social	Tempo (minutos)		
	Mínimo	Máximo	Mediana
CdO	00:01	00:02	00:02
RdCL	00:23	04:55	01:20
OdR	00:28	00:57	00:38
FCC	04:11	04:59	04:36
CdR	00:01	00:04	00:02

Continua...

Continuação da tabela 1

Rito social	Tempo (minutos)			Rito social	Tempo (minutos)		
	Mínimo	Máximo	Mediana		Mínimo	Máximo	Mediana
CdO	00:01	00:02	00:01	CdO	00:01	00:02	00:02
RdCL	00:24	04:19	00:48	RdCL	00:16	03:15	01:42
OdR	00:32	00:59	00:46	OdR	00:23	04:25	00:41
FCC	04:05	04:58	04:29	FCC	03:53	04:24	04:09
CdR	00:01	00:04	00:03	CdR	00:01	00:04	00:02

REGISTRO DOS FATORES ABIÓTICOS

Varição de temperatura (°C) e umidade relativa (%)

Os valores de variação da TE e TI e da UR estão nas tabelas 2 e 3 e na figura 9.

No verão, a UR interna da colônia variou entre 68% e 70%; a TI e TE tiveram pouca diferença, com TE se mantendo em 28,7°C e TI em 30,3°C. No outono, a UR oscilou de 75% a 78%; para as temperaturas, a TE esteve próximo de 25,6°C e a TI de 29°C. No inverno, a UR variou entre 71% e 73%; a TE esteve próximo de 23,6°C e a TI de 27,2°C. Na primavera, a UR ficou entre 76% e 77%; a TE se manteve na faixa de 24°C a 27°C e a TI de 27°C a 29°C.

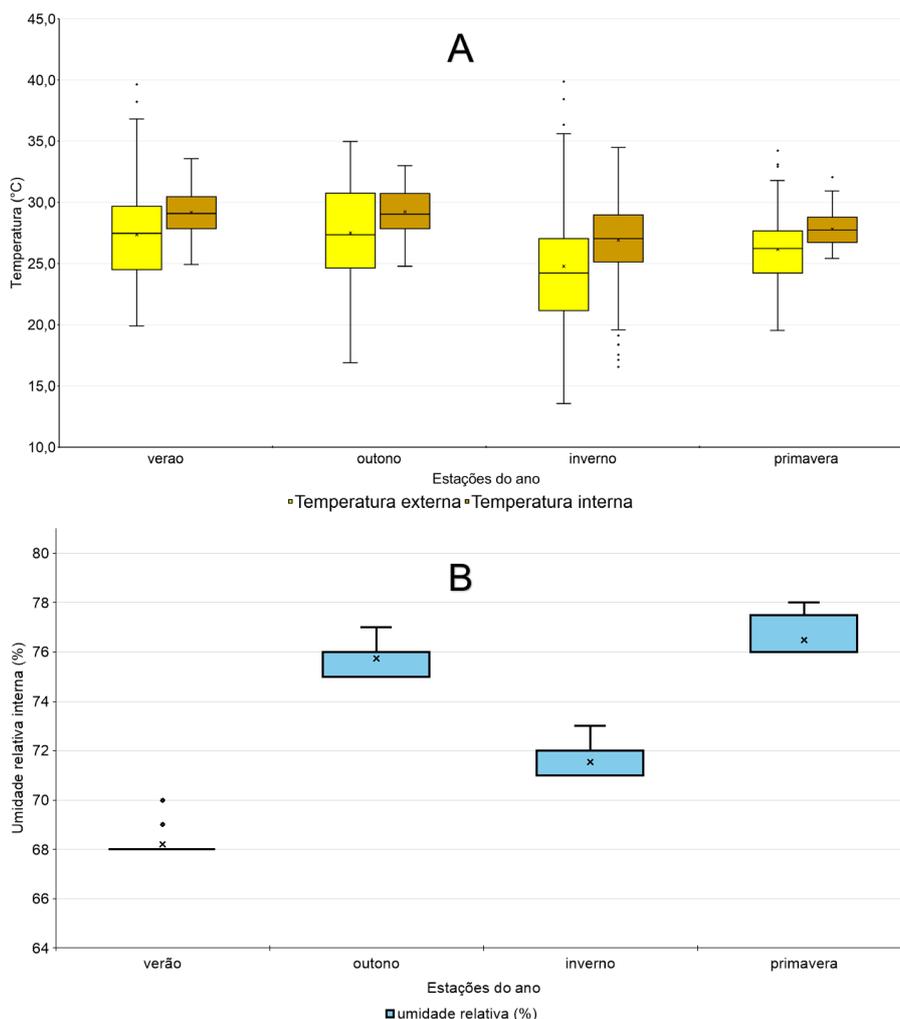


Figura 9 – Registro dos fatores abióticos da colônia ao longo das estações, demonstrando os outliers de cada caixa com pontos e a média com cruzes. Legenda: A: TI e TE de cada estação; em marrom, TI, em amarelo, TE; B: UR da colônia durante a amostragem. Fonte: Primária.

Tabela 2 – Temperatura externa (TE) e temperatura interna (TI), mínima, máxima e mediana, de cada estação. Fonte: Primária.

Estação Temp. (°C)	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	TE	TI	TE	TI	TE	TI	TE	TI
Mínimo	22,60	27,10	14,30	28,70	15,90	23,50	15,90	23,50
Máximo	34,10	30,70	29,30	30,70	30,60	30,80	30,60	30,80
Mediana	27,80	29,40	25,65	29,25	24,40	27,30	25,80	27,75

Tabela 3 – Umidade relativa mínima, máxima e mediana de cada estação. Fonte: Primária.

Estação UR (%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
	Mínimo	68%	75%	71%
Máximo	70%	78%	73%	77%
Mediana	68%	76%	71%	76%

ANÁLISE DOS DADOS

Fatores bióticos

Durante as 1.440 horas de observação, registrou-se a frequência absoluta de cada rito, dentro do período amostrado (tabela 4). Destaca-se que os valores foram obtidos da observação dos primeiros três primeiros andares dos discos de cria, não refletindo a totalidade de atividades realizadas pela colônia analisada de *M. mondury*.

Tabela 4 – Frequência absoluta de cada rito descrito durante o período amostrado. Fonte: Primária.

Rito social	N.º total de realizações de rito			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
CdO	4045	3914	3531	3824
RdCL	375	2941	973	1473
OdR	599	480	270	342
FCC	599	480	270	342
CdR	2938	2794	3072	3314

Na tabela 5 consta a comparação, par a par, das estações do ano, para cada rito social, a fim de verificar se há diferença significativa ou não entre elas (testes Kruskal-Wallis e *post hoc*). Constatou-se que as estações do ano são diferentes entre si, no que se refere à duração de tempo de cada rito social. Poucas foram as situações em que houve similaridade entre as estações do ano.

Tabela 5 – Resultados de significância dos testes Kruskal-Wallis e *post hoc* para os ritos. Fonte: Primária.

Rito social	Número de grupos	Valor p do teste Kruskal-Wallis	Grupos comparados	Valor p do teste <i>post hoc</i> de Dunn	Diferença significativa
Chamado da operária (CdO)	4	0,0000	verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs outono	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0000	X
			inverno vs outono	0,2675	
			inverno vs primavera	0,2210	
			outono vs primavera	0,9010	
Chamado da rainha (CdR)	4	0,0000	verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs outono	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0000	X
			inverno vs outono	0,4891	
			inverno vs primavera	0,2168	
			outono vs primavera	0,6169	
Ovipoisição da rainha (OdR)	4	0,0000	verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs outono	0,0130	X
			verão vs primavera	0,7140	
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0721	
Fechamento da célula de cria (FCC)	4	0,0000	verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs outono	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0000	X
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0000	X
Regurgitação de comida larval (RdCL)	4	0,0000	verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs outono	0,0000	X
			verão vs primavera	0,7740	
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0000	X

Fatores abióticos

Nas tabelas 6 a 9 observa-se a comparação, par a par, para verificar se há diferença significativa ou não entre as temperaturas por estação e por meio (interno e externo), e também se há diferença da umidade relativa (testes Kruskal-Wallis e *post hoc*). Notou-se que as estações do ano são diferentes entre si, no que se refere à temperatura e umidade relativa, como também há diferença entre os meios internos e externos. Poucas foram as situações em que houve similaridade entre as estações do ano.

Tabela 6 – Resultados de significância dos testes Kruskal-Wallis e *post hoc* para a comparação das temperaturas internas entre as estações do ano. Fonte: Primária.

Temperatura interna	Número de grupos	Valor p do teste Kruskal-Wallis	Grupos comparados	Valor p do teste <i>post hoc</i> de Dunn	Diferença significativa
TI Verão	4	0,0002	verão vs outono	0,5386	
			verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0000	X
TI Outono	4	0,0003	outono vs verão	0,5386	
			outono vs inverno	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0000	X
TI Inverno	4	0,0000	inverno vs verão	0,0000	X
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0005	X
TI Primavera	4	0,0000	primavera vs verão	0,0000	X
			primavera vs outono	0,0000	X
			primavera vs inverno	0,0005	X

Tabela 7 – Resultados de significância dos testes Kruskal-Wallis e *post hoc* para a comparação das temperaturas externas entre as estações do ano. Fonte: Primária.

Temperatura externa	Número de grupos	Valor p do teste Kruskal-Wallis	Grupos comparados	Valor p do teste <i>post hoc</i> de Dunn	Diferença significativa
TE Verão	4	0,0001	verão vs outono	0,4153	
			verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0001	X
TE Outono	4	0,0003	outono vs verão	0,4153	
			outono vs inverno	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0000	X
TE Inverno	4	0,0000	inverno vs verão	0,0000	X
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0000	X
TE Primavera	4	0,0000	primavera vs verão	0,0001	X
			primavera vs outono	0,0000	X
			primavera vs inverno	0,0000	X

Tabela 8 – Resultados de significância dos testes Kruskal-Wallis e *post hoc* para a comparação entre as temperaturas interna e externa a cada estação. Fonte: Primária.

Temperaturas	Número de grupos	Valor p do teste Kruskal-Wallis	Grupos comparados	Valor p do teste <i>post hoc</i> de Dunn	Diferença significativa
Verão	2	TI: 0,0002 TE: 0,0001	TI vs TE	0,0000	X
Outono	2	TI: 0,0003 TE: 0,0003	TI vs TE	0,0000	X
Inverno	2	TI: 0,0000 TE: 0,0000	TI vs TE	0,0000	X
Primavera	2	TI: 0,0000 TE: 0,0000	TI vs TE	0,0000	X

Tabela 9 – Resultados de significância dos testes Kruskal-Wallis e *post hoc* para a comparação da umidade relativa da colônia entre as estações do ano. Fonte: Primária.

Umidade relativa	Número de grupos	Valor p do teste Kruskal-Wallis	Grupos comparados	Valor p do teste <i>post hoc</i> de Dunn	Diferença significativa
Verão	4	0,0000	verão vs outono	0,0000	X
			verão vs inverno	0,0000	X
			verão vs primavera	0,0000	X
Outono	4	0,0000	outono vs verão	0,0000	X
			outono vs inverno	0,0000	X
			outono vs primavera	0,0000	X
Inverno	4	0,0000	inverno vs verão	0,0000	X
			inverno vs outono	0,0000	X
			inverno vs primavera	0,0000	X
Primavera	4	0,0000	primavera vs verão	0,0000	X
			primavera vs outono	0,0000	X
			Primavera vs Inverno	0,0000	X

DISCUSSÃO

OBSERVAÇÃO DAS ABELHAS

Movimentos sociais

Foram observadas, no presente estudo, interações entre as abelhas que também ocorrem em outras espécies de Meliponini, sejam essas atividades relacionadas diretamente ao POP ou não. A trofaláxis é um exemplo de rito social, não exclusivo do POP, que é visto no gênero *Melipona* Illiger, 1806, geralmente havendo picos dessa atividade quando duas operárias a iniciam, com outras operárias imitando a ação (CONTRERA, 2005). Tal comportamento aconteceu com *M. mondury* durante o tempo do estudo.

Em relação aos movimentos diretamente envolvidos no POP (os ritos FCC, CdR e OdR de *M. mondury*), estes parecem similares àqueles vistos por Velthuis (2017), o qual reporta, para a espécie *Melipona (Michmelia) crinita* Moure & Kerr, 1950, os três ritos supracitados para *M. mondury*, que são realizados de forma semelhante, com a rainha dando comandos às operárias, vistoriando andares de discos de cria e ovipondo e um grupo de operárias faz uma dança tal como a descrita no presente artigo. Todavia, para o comportamento entre operárias (CdO), não foi encontrado registro fotográfico ou descrição em literatura.

Dentre os movimentos sociais analisados, a regurgitação de alimento larval (RdCL) mostrou a maior faixa de variação de tempo máximo e mínimo de realização, o que pode ser resultado da quantidade de alimento que cada abelha carregava para regurgitar.

A atividade que mostrou maior duração de tempo e uniformidade de duração foi o fechamento de células de cria (FCC). As atividades de menor duração foram comando da rainha e comando de operária. A oviposição da rainha teve uma duração de tempo uniforme ao longo das estações.

Observou-se ainda que os movimentos sociais dentro da colônia influenciaram o comportamento dos indivíduos. Em vista do fato de o interior da colônia ser um local escuro, a comunicação entre as abelhas não depende apenas de sinais que podem ser visualizados, como também de sinais químicos que são liberados pelos integrantes da colônia, estabelecendo-se então uma comunicação químico-física (VELTHUIS, 2017). O comportamento de CdR é o exemplo mais claro desse tipo de comunicação, com indivíduos respondendo a movimentos específicos, tais como a rainha subindo e tocando em uma operária, a qual, em resposta, se dirige para fora do disco de cria. Assim, o

CdR demonstrou em diversas ocasiões a existência de *feedback* positivo e/ou negativo da rainha às operárias. Houve ocasiões em que a rainha interagiu com as operárias e estas não alteraram a atividade que estavam executando, assim como também ocorreu o fato de operárias terem saído subitamente do disco de cria onde se encontrava a rainha.

Verificou-se que um comportamento também pode acarretar outro, como o CdO, que precede um RdCL e que não se repete mais após o preenchimento de uma célula de cria. O CdO não se mostrou tão complexo quanto o CdR, pois a operária envolvida se limitava a demandar outras operárias para o preenchimento do alimento para as larvas ou para iniciar a construção de um disco de cria. O FCC é um rito comandado pela rainha, após sua oviposição. No decorrer do estudo, notou-se que a rainha não manifestava interrupção de suas atividades quando da abertura do invólucro de cera para as observações do estudo; isso ocorreu após terem se passado várias observações seguidas.

Tempo médio, frequência e período dos movimentos registrados

O tempo dispendido em cada rito do POP foi bastante diferente, dependendo da atividade. No gráfico *scatter plot* (figura 4) é possível ver que o movimento de OdR e o FCC ocorrem quase que simultaneamente. Isso se deve à velocidade com a qual as operárias lacram as células do disco quando a rainha termina de ovipor. O tempo de FCC é ligeiramente maior do que o de qualquer outro rito presente no POP, por isso o seu tamanho avantajado no gráfico. O fechamento da célula de cria é um momento importante para a sobrevivência da espécie, já que o ovo está na célula de cria desprotegido e a celeridade é um fator de adaptabilidade.

Os ritos sociais mostraram ser em sua maioria significativamente diferentes ao longo do ano, sobretudo o FCC, que é diferente em cada uma das estações do ano (tabela 5).

Grande parte dos ritos descritos no presente estudo, até onde se leu, não foi detalhada em outros trabalhos, dificultando comparações entre outras espécies de meliponíneos. Pesquisas que estudaram profundamente o POP de outras abelhas do gênero *Melipona* focaram em outros aspectos do processo, tais como o número de ovos ovipostos, a periodicidade da oviposição e o consumo de ovo trófico pela rainha (VAN VEEN, 2000; VELTHUIS, 2017).

Desenvolvimento do disco de cria

O verão teve a maior quantidade de células de cria construídas. O outono e o inverno tiveram tempos médios, mínimos e máximos assemelhados, embora a construção do disco de cria do outono tenha se mostrado mais rápida e com mais células construídas do que o disco do inverno.

O efeito do fenômeno climático El Niño, presente durante o ano das observações (2023), pode ser uma possível explicação para a alta atividade das abelhas no inverno, concomitante com a baixa quantidade de crias ovipostas, por conta da diminuição de disponibilidade floral para forrageamento. Em virtude do baixo número de andares analisados, optou-se por não realizar testes estatísticos sobre os dados coletados, uma vez que o número insuficiente de amostras iria gerar resultados inconclusivos.

O desenvolvimento horizontal dos discos de cria da colônia analisada no presente trabalho se assemelha ao reportado para a mesma espécie no estado da Bahia (VIANA *et al.*, 2015). Há relatos de desenvolvimento dos discos de cria de *M. mondury* em espiral, o que poderia estar relacionado à sazonalidade (FLETCHER & CREWE, 1981), em termos de melhor distribuição do calor interno, ou seja, o padrão de construção dos discos varia em função das estações.

Sazonalidade

Durante o inverno, nas temperaturas externas mais quentes da estação, também houve as maiores temperaturas internas da colônia, mas, em estações como o verão, o mesmo não ocorreu. Possivelmente, as abelhas realizaram mais termorregulação.

Na primavera, raramente a TE caía abaixo de 20°C, porém, ainda nesses casos, a colônia conseguia manter a sua TI acima da faixa dos 20°C, geralmente entre 26-29,7°C, apresentando uma regulação maior do que de outras espécies do mesmo gênero, tais como *Melipona (Michmelia) eburnea* Friese, 1900, que preserva sua TI entre 25,5-26,5°C (CABRERA *et al.*, 2015).

Em termos de sazonalidade, verificou-se pelos testes estatísticos que existe diferença significativa ($p < 0,0005$) entre as TI e TE das estações, com exceção do outono e do verão, enquanto para a UR todas as estações do ano mostraram diferença significativa uma da outra (tabelas 6, 7 e 9).

Estima-se que o nível de intensidade de comportamentos durante todas as estações amostradas no presente trabalho seja alto, pois registros de comportamentos externos à colônia da bugia (TIETZ & MOUGA, 2019) mostraram que a primavera foi a estação com maior atividade, enquanto, no presente estudo, o verão apresentou maior atividade, como demonstrado pelo rápido crescimento de células de cria. Quando comparadas as estações de verão e primavera estatisticamente, em questão de ritos sociais, a OdR e a RdCL não têm diferença significativa entre si, mas a umidade relativa e as temperaturas externa e interna da colônia têm diferença significativa. Em contrapartida, o verão e o outono não possuem TI e TE significativamente diferentes, contudo não possuem nenhum rito social que seja similar estatisticamente. Nessas situações, possivelmente há um fator subjacente que faz ocorrerem tais similaridades e diferenças.

CONCLUSÃO

Com o presente estudo, foi possível registrar os comportamentos sociais da abelha *Melipona mondury* no POP, tanto das operárias quanto da rainha. Observaram-se rituais que *M. mondury* tem em comum com outras espécies do mesmo gênero, como também ritos não antes descritos. Notou-se pelo monitoramento abiótico que há uma forte relação entre os fatores abióticos e bióticos.

AGRADECIMENTOS

Ao meliponicultor Antônio Carlos Xavier o empréstimo da colônia de *Melipona mondury* utilizada neste estudo e ao Laboratório Maker o auxílio na montagem do sensor.

REFERÊNCIAS

- Cabrera, V. S., Sánchez, A. & Cesar, A. T. Stability of temperature, relative humidity and dew point inside *Melipona eburnea* (Apidae: Meliponini) colonies. *Ciências Agropecuárias*. 2015; 1(1): 56-66.
- Camargo, J. M. F. & Pedro, S. R. M. (1836). Meliponini Lepeletier. In: Moure, J.S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (orgs.). *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. 2013. Online version. Available at: <https://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Access on: 11 Dec. 2024.
- Conover, W. J. *Practical nonparametric statistics*. 3 ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons; 1999. 584 p.
- Contrera, F. A. L. Trofaláxis e contatos sociais em abelhas-sem-ferrão do gênero *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae, Meliponini). [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
- Fletcher, D. J. C. & Crewe, R. M. Nest structure and thermoregulation in the stingless bee *Trigona (Plebeina) denoiti* Vachal (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*. 1981; 44(2): 183-196.
- Guidini, G. S., Damiani, L. H. I., Trapp, I. G., Mouga, D. M. D. da S. & Bousfield P M. Sistema de monitoramento inteligente de colônia da abelha *Melipona (Michmelia) mondury* Smith, 1863. 2024. (in press).

- Hertz, M. New experiments on colour vision in bees. *Journal of Experimental Biology*. 1939; 16(1): 1-8.
- IMA – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina. Resolução Consema n.º 02/2011. Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Florianópolis; 2011.
- Koethe, S., Bossems, J., Dyer, A. G. & Lunau, K. Colour is more than hue: preferences for compiled colour traits in the stingless bees *Melipona mondury* and *M. quadrifasciata*. *Journal of Comparative Physiology A*. 2016; 202: 615-627.
- Lopes, Z. dos S., Vieira, A., Nunes, L., Alves, R. & Waldschmidt, A. Flora visited by *Melipona mondury* Smith 1863 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in a fragment of the Atlantic Forest in the state of Bahia, Brazil. *Grana*. 2022; 61(5): 1-13.
DOI: 10.1080/00173134.2022.2071984
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C. *Applied statistics and probability for engineers*. 7 ed. Wiley; 2021. 720 p.
- Nassau, K. *The physics and chemistry of color*. Murray Hill, New Jersey: T&T Bell Laboratories; 1989. p. 1-8.
- Sakagami, S. F. Stingless bees. In: Hermann, R. H. (ed). *Social insects*. New York: Academic Press; 1982. v. 3, p. 316-423.
- Sakagami, S. & Oniki, Y. Behavior studies of the stingless bees, with special reference to the oviposition process. I.: *Melipona compressipes manaosensis* Schwarz. *Hokkaido University Faculty of Science Minutes. Biology*. 1963; 15(2): 300-318.
- Tietz, A. L. & Mougá, D. M. D. da S. Fatores abióticos e atividade externa de *Melipona (Michmelia) mondury* Smith, 1863 (Hymenoptera, Apidae) em Santa Catarina. *Acta Biológica Catarinense*. 2019; 6(4): 119-147.
- van Veen, J. W. Cell provisioning and oviposition in *Melipona beecheii* (Apidae, Meliponinae), with a note on caste determination. *Apidologie*. 2000; 31(3): 411-419.
- Velthuis, H. H. A note on the ritualised behaviour of *Melipona* bees from Xapuri. *Journal of Morphological Sciences*. 2017; 23(3): 311-319.
- Viana, J. L., Sousa, H. D. A. C., Alves, R. M. D. O., Pereira, D. G., Silva Jr, J. C., Paixão, J. F. D. & Waldschmidt, A. M. Bionomics of *Melipona mondury* Smith 1863 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in relation to its nesting behavior. *Biota Neotropica*, 2015; 15: e20140097.
- Zar, J. H. *Biostatistical analysis*. 5 ed. Prentice Hall, New Jersey: Pearson Education; 2010. 255 p.